

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИИ

Харина Г. В., Алёшина Л. В., Анахов С. В., Инжеватова О. В.

MONITORING DRINKING WATER QUALITY IN THE SVERDLOVSK REGION OF RUSSIA

Kharina G. V., Alyoshina L. V., Anakhov S. V., Inzhevatova O. V.

Аннотация

Введение. Проблема обеспечения населения качественной питьевой водой в условиях мощного антропогенного давления на окружающую среду является актуальной. Особенно остро испытывают потребность в чистой воде промышленные регионы, к числу которых относится Свердловская область. В результате работы промышленных предприятий водоемы загрязняются различными экотоксикантами, оказывающими негативное влияние на здоровье человека. Цель работы — анализ и оценка качества питьевой воды Свердловской области. **Методы.** Представлено описание объемного (титриметрического), потенциометрического и инверсионно-вольтамперометрического методов анализа. Титриметрическим методом определяли жесткость и окисляемость, потенциометрическим — pH и содержание нитрат-ионов. Измерение концентрации ионов тяжелых металлов проводили методом инверсионной вольтамперометрии. **Результаты.** В работе приведены результаты исследования качества питьевой воды в Свердловской области. Установлено превышение допустимых норм жесткости и концентрации нитратов в пробах воды из подземных источников вследствие влияния природных геохимических и антропогенных факторов. Отмечено, что в некоторых пробах водопроводной воды значение перманганатной окисляемости выше нормативного значения в связи высокой степенью загрязнения органическими и минеральными соединениями природных водоемов. Выявлено загрязнение исследованных проб воды из разных систем водоснабжения тяжелыми металлами в количествах, существенно превышающих их предельно допустимые концентрации. Указаны возможные причины поступления тяжелых металлов в водоемы. Приведен сравнительный анализ качества проб воды, отобранных из разных населенных пунктов и систем водоснабжения. **Заключение.** Установлено, что результаты проведенных исследований свидетельствуют о неудовлетворительном качестве питьевой воды по указанным выше показателям в большинстве районов Свердловской области. Авторы считают, что для окончательной и более объективной оценки требуется продолжить исследования, увеличив число показателей качества воды и акцентируя внимание на причинах ее загрязнения.

Ключевые слова: качество воды, подземные воды, тяжелые металлы, загрязнение, метод исследования, гигиенический норматив, водоснабжение.

Abstract

Introduction. The problem of providing the population with high-quality drinking water in conditions of strong anthropogenic pressure on the environment is quite urgent. Industrial regions, including the Sverdlovsk Region, are particularly in need of clean water. As a result of industrial enterprises' operation, reservoirs are polluted with various ecotoxicants that have a negative impact on human health. The purpose of this study is to analyze and evaluate the quality of drinking water in the Sverdlovsk Region. **Methods.** The paper presents the description of volumetric (titrimetric), potentiometric, and stripping voltammetry analysis methods. The titrimetric method was used to determine the hardness and oxidation, the potentiometric method was used to determine pH and the content of nitrate ions. The concentration of heavy metal ions was measured using the stripping voltammetry method. **Results.** The paper presents the results of studying the quality of drinking water in the Sverdlovsk Region. It was established that the permissible levels of hardness and nitrate concentration in water samples from underground sources are exceeded due to the influence of natural geochemical and anthropogenic factors. It is noted that in some samples of tap water, the value of permanganate oxidation is higher than the standard value due to the high degree of contamination with organic and mineral compounds of natural reservoirs. It was revealed that the studied water samples from different water supply systems are contaminated with heavy metals in quantities significantly exceeding their maximum permissible concentrations. The authors indicate possible reasons for the input of heavy metals into water bodies. They also perform a comparative analysis of the quality of water samples taken from different localities and water supply systems. **Conclusion.** It is established that the results of the studies conducted indicate the poor quality of drinking water in terms of the above indicators in most areas of the Sverdlovsk Region. The authors believe that a final and more objective assessment requires further research, while increasing the number of water quality indicators and focusing on the causes of water pollution.

Keywords: water quality, underground waters, heavy metals, pollution, research method, hygienic standard, water supply.

Введение

Вода как один из компонентов абиотической части биосферы — важнейший экологический фактор, поддерживающий жизнь на земле. Однако в настоящее время в связи с мощным антропогенным воздействием человека на биосферу состояние гидросферы оценивается как критическое. Природные водные экосистемы практически утратили способность к самовосстановлению. В России около 70 % водоемов в результате их сильного загрязнения не могут использоваться в качестве источников питьевого водоснабжения [12, с. 319]. Проблема высококачественной питьевой воды особенно остро проявляется в промышленных регионах, к числу которых относится Свердловская область. Промышленные предприятия, транспорт, разработка месторождений полезных ископаемых органического и минерального происхождения, отходы сельского хозяйства — вот неполный перечень источников загрязнения водоемов. Положение усугубляется изношенностью водопроводных труб, устаревшими технологиями водоочистки и т. д. [2, с. 165; 11, с. 413]. Основными загрязнителями воды, способными вызвать необратимые патологии в организме человека [4, с. 580], являются тяжелые металлы, органические соединения, нитраты, радионуклиды, патогенные микроорганизмы и др.

В связи с вышеизложенным цель данной работы — анализ и оценка качества питьевой воды Свердловской области.

Экспериментальная часть. В работе было исследовано качество воды двух типов: водопроводной, т. е. из систем централизованного водоснабжения уже на уровне потребителей (Нижний Тагил, Сухой Лог, Каменск-Уральский, Камышлов, Екатеринбург), и из мест индивидуального водоснабжения, т. е. из природных источников (Сысерть, Верхняя Пышма, Дегтярск, Богданович, Серов). Глубина залегания водоносных слоев в указанных источниках варьировалась в пределах 30–50 м.

Для оценки качества воды были выбраны следующие показатели: жесткость, реакция среды (рН), окисляемость, содержание нитратов и тяжелых металлов — меди, свинца и кадмия. Исследования проводились в лаборатории химического анализа РГППУ объемным, потенциометрическим и инверсионно-вольтамперометрическим

методами. Объемный (титриметрический) метод основан на точном определении количества вещества, пошедшего на реакцию с определяемым соединением. Аналитический сигнал при этом регистрируется визуально по изменению окраски индикатора в точке эквивалентности [1, с. 178]. Методом объемного анализа в работе были определены жесткость и окисляемость. Определения проводились в трех параллелях.

В основе потенциометрического метода лежит зависимость потенциала индикаторного электрода от концентрации определяемого иона. Потенциометрическое определение проводили с использованием иономера РХ 150 и соответствующих ионселективных электродов. Потенциометрическим методом в работе определяли рН и содержание нитрат-ионов.

Определение массовой концентрации ионов кадмия, свинца и меди выполняли с помощью анодной инверсионной вольтамперометрии (ИВА). Сущность метода состоит в предварительном накоплении анализируемого металла путем электроосаждения на поверхности стационарного электрода. При последующем растворении осадка в ходе анодной поляризации регистрируется аналитический сигнал в виде пика анодного тока. При этом величина аналитического сигнала прямо пропорциональна концентрации ионов определяемого металла. Для проведения исследований методом ИВА использовали анализатор инверсионный вольтамперометрический по ТУ 4215-001-05828695-95 (НПВП «ИВА», Екатеринбург) в комплекте с компьютером и трехэлектродной электрохимической ячейкой, а также государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов кадмия, свинца и меди с погрешностью не более 1 % отн. при $P = 0,95$ с концентрацией 1 мг/см³. Определение вели при следующих условиях: потенциалы концентрирования –0,8 В (для Cu^{2+}), –1,2 В (для Pb^{2+} и Cd^{2+}); время концентрирования — 10 с; скорость линейной развертки потенциала — 1,00 В/с. Регистрацию аналитического сигнала (АС) исследуемого металла для пробы при указанных условиях повторяли два-три раза. Регистрацию АС пробы с добавкой проводили в тех же условиях, что и АС пробы.

Результаты и обсуждение. Один из важнейших показателей качества воды — реакция сре-

ды или pH. Характер среды определяет скорость и механизм протекания обменных процессов. Крайне важным является поддержание необходимого уровня pH воды для сохранения гомеостаза в организме человека.

Жесткость представляет собой содержание растворимых солей кальция и магния. Повышенное содержание ионов кальция и магния способствует возникновению заболеваний пищеварительной и мочевыделительной систем и нарушению обменных процессов в организме человека [16, с. 3]. Перманганатная окисляемость (ХПК) характеризует общую концентрацию потребляемого кислорода, которая соответствует количеству перманганат-иона, затраченного на окисление органических и минеральных загрязнителей в пробе воды [17]. Перманганатная окисляемость измеряется в мг O_2 /дм³.

Нитраты (соли азотной кислоты) при попадании в организм человека в результате сложных биохимических превращений приводят к образованию нитрозаминов и гидроксиламинов, обладающих иммунодепрессивным, канцерогенным, тератогенным воздействиями.

Для определения нитрат-ионов в пробах воды были измерены электродные потенциалы ряда стандартных растворов KNO_3 . По полученным данным был построен градуировочный график зависимости $E = f(\lg C_{KNO_3})$ (рис. 1).

Результаты определения перечисленных выше показателей воды приведены в табл. 1.

Как следует из табл. 1, реакция среды анализируемых проб воды близка к нейтральной, значения pH соответствуют установленным нормативам [21].

Учитывая геологические особенности Уральского региона и глубину расположения водоносных слоев, воды в подземных источниках Свердловской области относятся к категории трещинно-жильных, т. е. являются грунтовыми, а не артезианскими [19, с. 282]. Грунтовые воды тесно связаны как с поверхностными водами, так и с атмосферными осадками; их химический состав зависит, главным образом, от антропогенных факторов (распашка и обработка близлежащих полей, вырубка лесов, строительство и т. д.).

Содержание нитратов в пробах воды из скважин Верхней Пышмы и Дегтярска превышает ПДК, причем в последнем случае более чем в три раза. Очевидно, что в этих населенных пунктах подземные источники загрязняются нитратами за счет инфильтрации из верхних почвенных слоев азотсодержащих удобрений с полей и дачных участков. По данным геомониторинга Уральского федерального округа [8, с. 103] доминирующими среди минеральных соединений загрязнителями подземных вод на территории Свердловской области являются азотсодержащие соединения. К источникам последних относятся накопители отходов сельскохозяйственных объектов и обработанные азотными удобрениями поля. Поскольку глубина скважины в Дегтяр-

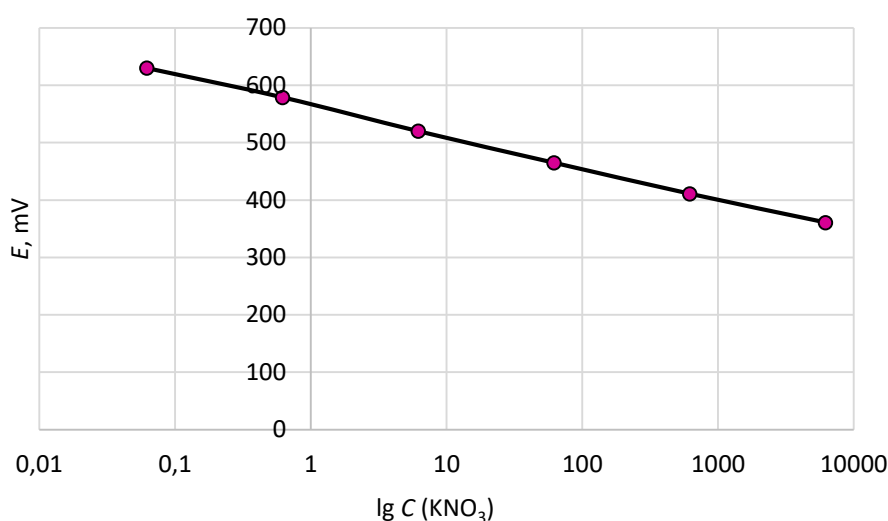


Рис. 1. Зависимость электродного потенциала ионоселективного электрода от концентрации нитрат-ионов в стандартных растворах

Таблица 1

Значения pH, жесткости временной ($J_{вр}$), жесткости общей ($J_{общ}$), окисляемости (X) и концентрации нитратов ($C_{NO_3^-}$) в пробах воды

Проба воды	Показатели								
	pH	ПДК	$C_{NO_3^-}$, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	$J_{вр}$, ммоль/дм ³	$J_{общ}$, ммоль/дм ³	ПДК, ммоль/дм ³	X , мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
Сысерть	7,32	6–9	5,58	45,0	1,38	2,46	7,0	5,55	5,0
Нижний Тагил	6,90		3,15		0,90	1,44		7,83	
Верхняя Пышма	7,31		46,5		1,00	1,66		1,06	
Сухой Лог	7,29		15,5		1,10	3,84		4,29	
Дегтярск	7,92		155,0		1,20	7,58		4,99	
Богданович	7,48		1,24		7,00	10,24		3,17	
Серов	7,15		40,3		1,25	2,18		1,79	
Каменск-Уральский	7,40		15,6		1,85	2,50		5,76	
Камышлов	7,16		9,3		6,25	2,80		3,02	
Екатеринбург	7,68		3,1		1,65	2,40		4,78	

ске составляет всего 30 м, водоносный горизонт этого источника недостаточно защищен от проникновения таких химических соединений, как нитрат-ионы, с поверхности почвы.

Кроме того, свой вклад в накопление нитратов в почве вносят и кислотные осадки, содержащие азотную кислоту, которая достаточно легко растворяет все соли слабых кислот (например, карбонаты, сульфиты, сульфиды и т. д.). Литературные данные [20, с. 351] подтверждают факт несоответствия концентрации нитратов в воде из источников подземного нецентрализованного водоснабжения гигиеническим нормативам.

Результаты, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о повышенной жесткости пробы воды из Дегтярска, что закономерно для большинства подземных вод, относящихся в основном к гидрокарбонатному кальциево-магниевому типу [5, с. 17]. Высокие концентрации ионов кальция и магния в подземных водах закономерно связывают с составом почвообразующих пород в местах бурения скважин [14, с. 25]. Главная причина высокой жесткости грунтовых вод — отложения в почве известняков [6, с. 44]. Инфильтрация вод через толщи пород известковой природы неизбежно приводит к увеличению концентрации ионов кальция и гидрокарбонат-ионов.

В Свердловской области, согласно исследованиям Ф. Г. Гафурова [3, с. 129], встречаются различные типы почв: от подзолистых и дерново-подзолистых до черноземных. Доминирующими

являются дерново-подзолистые почвы с включениями в некоторых районах известковых сланцев разной толщины. Грунтовые воды при этом не сильно отличаются по химическому составу, однако уровень их жесткости варьируется от мягких до жестких (табл. 2).

Как следует из табл. 2, воды подземных источников Богдановича могут быть как мягкими, так и жесткими, в зависимости от места бурения скважины, воды Дегтярска преимущественно жесткие. Двукратное превышение общей жесткости в пробе воды из Богдановича обусловлено преимущественно природным фактором: почвы этого района настолько изобилуют известковыми отложениями, что здесь ведутся разработки месторождений известняка. Отсюда повышенная жесткость подземных вод [15, с. 550].

Повышенная жесткость грунтовых вод Дегтярска усугубляется антропогенным фактором: находящаяся на окраине города станция нейтрализации шахтных вод переводит негашеную известь в известковое молочко, которое выливается в ручей с кислыми шахтными водами; объемы расходуемой на этот процесс извести составляют порядка 5,5 тысяч тонн в год [18, с. 554].

Представляет интерес соотношение значений временной и общей жесткости, полученных при исследовании пробы воды из Камышлова: временная жесткость более чем в два раза превышает общую. Такого не может быть, поскольку временная (гидрокарбонатная) жесткость являет-

Таблица 2

Характеристики грунтовых вод некоторых подземных источников Свердловской области

Населенный пункт	Тип воды		
	по химическому составу	по степени минерализации	по уровню жесткости
Сысерть	Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые	Пресные и ультрапресные	От мягких до среднежестких
Верхняя Пышма	Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые	Пресные	Среднежесткие
Дегтярск	Гидрокарбонатно-кальциевые	Пресные	Жесткие
Богданович	Гидрокарбонатные	Пресные	От мягких до жестких
Серов	Гидрокарбонатно-кальциево-магниевые	Пресные	От мягких до среднежестких
Камышлов	Гидрокарбонатно-хлоридные	Пресные и солоноватые	От мягких до среднежестких

ся частью общей жесткости; она определяется по содержанию гидроксид-ионов, образовавшихся при гидролизе гидрокарбонатов кальция и магния. При этом концентрация гидроксид-ионов в воде эквивалентна концентрации ионов кальция и магния. Однако по найденным результатам видно, что содержание гидроксид-ионов в пробе воды из Камышлова не соответствует концентрации гидрокарбонатов кальция и магния. По нашему мнению, повышенное содержание гидроксид-ионов в воде может быть связано с ее интенсивной обработкой веществами-умягчителями, молекулы которых содержат гидроксильные группы, способные под действием воды перейти в раствор в виде OH^- -ионов. К таким веществам можно отнести фосфатные реагенты (гексаметафосфат и ортофосфат натрия), оксалат натрия и т. д. Таким образом, определение временной жесткости очищенных вод (главным образом из систем централизованного водоснабжения) некорректно; в этом случае уместнее оценивать только общую жесткость.

Значения окисляемости всех проб воды за исключением Нижнетагильской, как видно из табл. 1, находятся в пределах допустимой нормы. Присутствие в питьевой воде органических загрязнителей может быть обусловлено разными причинами: попаданием сточных вод в водоисточник; высокой степенью загрязнения органическими соединениями природных водоемов, связанных с источником водоснабжения; изношенностью очистных сооружений. Экологическая ситуация в Нижнем Тагиле на сегодняшний день оценивается как крайне неблагоприятная. В результате работы многочисленных промыш-

ленных предприятий в окружающую природную среду, в том числе и водные экосистемы, попадают разнообразные экотоксиканты органической и неорганической природы: нефтепродукты, поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), тяжелые металлы и т. д.

Содержание тяжелых металлов в воде определяли методом инверсионной вольтамперометрии, отличающимся высокой чувствительностью, воспроизводимостью и низким пределом обнаружения ($0,1\text{--}0,5\text{ мкг/дм}^3$). На рис. 2 и 3 приведены примеры анодных вольтамперограмм (ВА) свинца и кадмия, обнаруженных в пробах воды из Каменск-Уральского и Камышлова соответственно.

Из рис. 2 видно, что аналитический сигнал свинца регистрируется при потенциале $-0,42\text{ В}$ от добавления в фоновый электролит аликвоты пробы (ВА 2); введение добавки стандартного раствора ионов свинца приводит к пропорциональному приросту АС свинца (ВА 3).

На рис. 3 видны два АС — кадмия (при потенциале $-0,6\text{ В}$) и свинца (при потенциале $-0,42\text{ В}$), причем АС кадмия в присутствии пробы (ВА 1) отсутствует и растет только от добавки стандартного раствора ионов кадмия (ВА 2).

В табл. 3 приведены результаты определения тяжелых металлов в исследуемых пробах.

Как следует из табл. 3, содержание ионов меди в исследуемых пробах воды не превышает санитарно-гигиенического норматива, установленного для питьевой воды. Вместе с тем, полученные данные свидетельствуют о загрязнении некоторых проб ионами свинца и кадмия. Повышенные

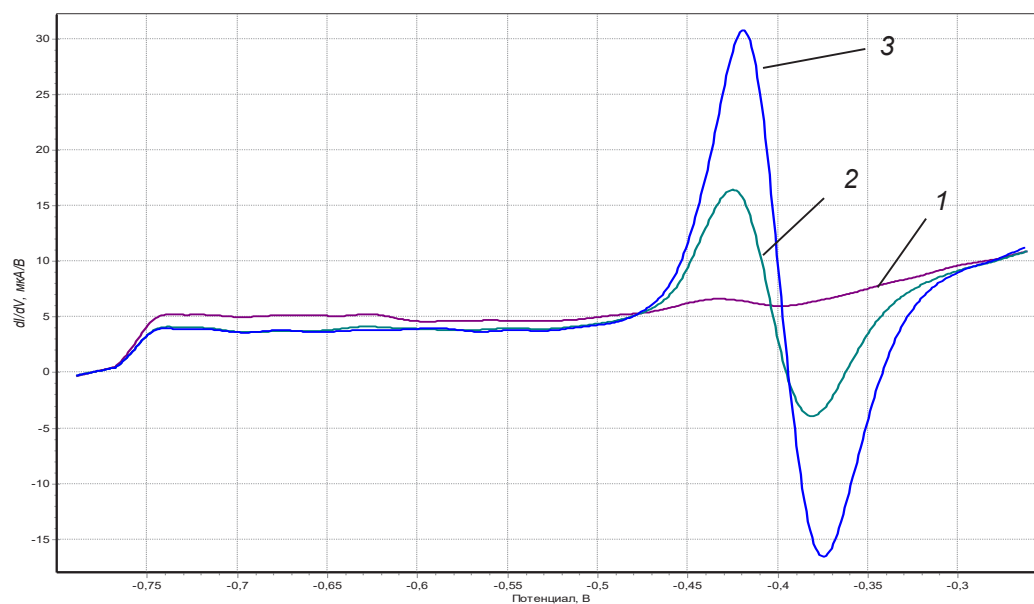


Рис. 2. Дифференциальные анодные вольтамперограммы свинца: 1 — фон (HCl 0,1 моль/дм³); 2 — исследуемая проба из Каменск-Уральского (2,0 см³); 3 — стандартная добавка ионов Pb^{2+} (20 мкг/дм³)

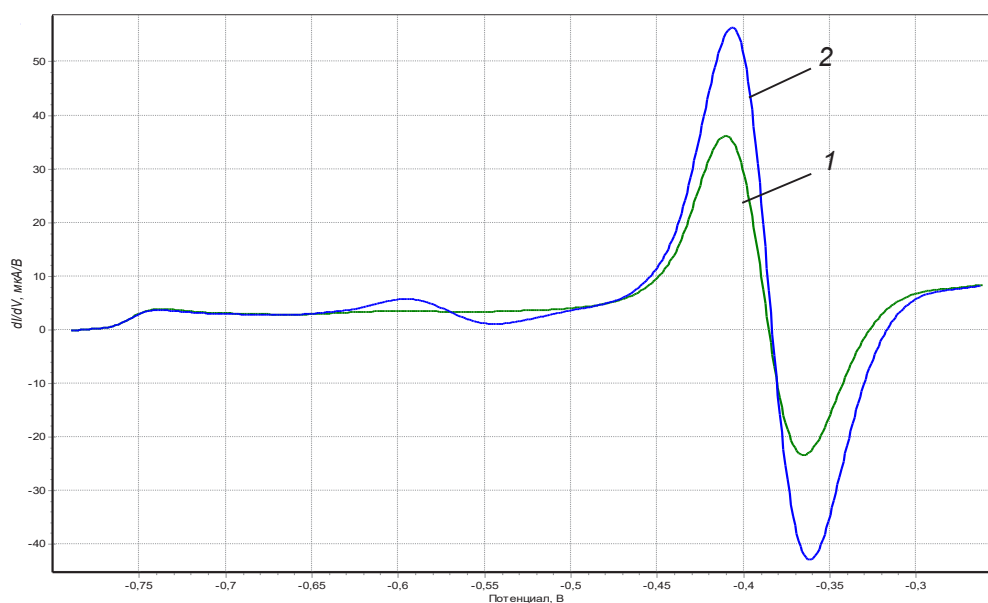


Рис. 3. Дифференциальные анодные вольтамперограммы свинца и кадмия: 1 – фон (2,0 см³ HCl 0,1 моль/дм³) + исследуемая проба из Камышлова (2,0 см³); 2 – стандартные добавки ионов Pb^{2+} и Cd^{2+} (по 20 мкг/дм³)

концентрации ионов свинца и кадмия обнаружены как в пробах воды из систем централизованного водоснабжения, так и подземных вод из скважин. Свинец и кадмий, по данным [10, с. 14], сегодня включены в группу приоритетных металлов-экоотоксикантов, характеризующихся при

постоянном накоплении в организме необратимыми изменениями в функционировании его систем и нарушением гомеостаза в целом.

Повышение содержания тяжелых металлов в водах систем централизованного водоснабжения обусловлено, во-первых, несоответствием

Таблица 3

Содержание меди, свинца и кадмия в пробах питьевой воды

Проба	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³					
	Cu ²⁺	ПДК _{Cu2+}	Pb ²⁺	ПДК _{Pb2+}	Cd ²⁺	ПДК _{Cd2+}
Сысерть	0,034	1,000	0,009	0,030	Не обнаружен	0,001
Нижний Тагил	0,007		0,048		0,006	
Верхняя Пышма	0,023		0,013		Не обнаружен	
Сухой Лог	0,017		0,009		Не обнаружен	
Дегтярск	0,005		0,017		0,007	
Богданович	0,019		0,046		0,003	
Серов	0,005		0,203		0,005	
Каменск-Уральский	0,011		0,054		0,009	
Камышлов	0,006		0,035		Не обнаружен	
Екатеринбург	0,054		0,080		Не обнаружен	

большей части водопроводных труб в связи с их длительной эксплуатацией санитарно-гигиеническим требованиям [20, с. 351]. В результате постоянного контакта с водой трубы корродируют, образуя при этом токсичные соединения свинца, кадмия и других тяжелых металлов, попадающих в воду. Другим фактором, способствующим поступлению тяжелых металлов в источники централизованного водоснабжения, является сильное техногенное загрязнение почв Уральского региона [13, с. 73]. Наконец, загрязнение водоемов, используемых для забора питьевой воды, может происходить в результате сброса в них неочищенных промышленных стоков.

Из представленных в табл. 3 результатов следует, что большей степенью загрязненности свинцом и кадмием отличаются пробы воды из Нижнего Тагила, Каменск-Уральского и Серова. Полученные данные полностью отражают негативную экологическую ситуацию, сложившуюся в перечисленных городах, на территории которых находятся действующие промышленные комбинаты. К последним можно отнести НПК «Уралвагонзавод» им. Ф. Э. Дзержинского, НТМК — металлургический завод в Нижнем Тагиле, Уральский завод цветного лития, литейный завод (КУЛЗ) в Каменск-Уральском, металлургический завод им. А. К. Серова и Надеждинский металлургический завод в Серове. В Дегтярске вследствие скопления многочисленных терриконов, являющихся источником тяжелых металлов, радионуклидов и других токсичных соединений, за счет образования кислых шахтных вод, поступающих в источники водоснабжения, и других

негативных факторов сложилась локальная экологическая катастрофа [7].

В результате техногенного воздействия промышленных предприятий на природную среду в почвах формируются полиэлементные геохимические аномалии [9, с. 17], вызывающие нарушение естественных биогеохимических циклов и загрязнение как подземных, так и поверхностных вод.

Тяжелые металлы, содержащиеся в терриконах и шлакоотвалах металлургического производства, постепенно растворяются под действием кислотных осадков и, просачиваясь через толщи пород, попадают в подземные воды. При этом все экотоксиканты, содержащиеся в подземных водах, попадают с фильтрационным потоком в поверхностные водоемы, вызывая их вторичное загрязнение.

Промышленные сточные воды, содержащие растворимые соединения тяжелых металлов, сбрасываются в близлежащие водоемы, загрязняя как поверхностные, так и подземные воды. Следовательно, поступление экотоксикантов в подземные источники вызвано как техногенным загрязнением почв, так и сбросом в поверхностные водоемы неочищенных или плохо очищенных промышленных сточных вод.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени загрязнения тяжелыми металлами как вод централизованного водоснабжения (Нижний Тагил, Каменск-Уральский, Камышлов, Екатеринбург), так и подземных вод индивидуального водоснабжения (Серов, Дегтярск, Богданович).

В табл. 4 приведены характерные для источников водоснабжения того или иного населенного пункта загрязнения, из которой следует, что на территории области загрязнениями охвачено достаточно большое количество водоемов с питьевой водой. При этом к числу приоритетных загрязнителей относятся тяжелые металлы.

Оценивая каждый из показателей качества воды по 5-балльной шкале (где 5 — это полное соответствие гигиеническому нормативу, 1 — двух- и более кратное превышение норматива), результаты исследований можно представить в виде диаграммы, приведенной на рис. 4.

Данная работа содержит результаты исследований проб воды из источников лишь части населенных пунктов. В этой связи нами планируется расширить географию отбора проб по области, увеличить число показателей качества воды и более детально изучить причины ее загрязнения.

Заключение

Таким образом, проведен анализ проб воды на соответствие показателей качества установленным санитарно-гигиеническим нормативам. Обнаружено, что пробы воды из подземных источников нецентрализованного водоснабжения (из Верхней Пышмы и Дегтярска) отличаются повышенным содержанием нитратов, что обусловлено главным образом инфильтрацией азот-содержащих удобрений с поверхности почвы.

Установлено, что подземные воды Богдановича и Дегтярска характеризуются повышенной жесткостью. В первом случае отклонение жесткости от нормативного значения обусловлено природным фактором — присутствием в почве

больших количеств известковых пород. На высокое содержание ионов кальция и магния в пробах воды из Дегтярска оказывает влияние антропогенный фактор.

При определении временной жесткости воды централизованного водоснабжения из Камышлова получены значения, превышающие общую жесткость. Было сделано предположение об использовании веществ-умягчителей основного характера в процессе обработки воды. Отмечена некорректность определения временной жесткости очищенных вод централизованного водоснабжения.

Обнаружено, что в пробах водопроводной воды из Нижнего Тагила содержание органических загрязнителей выше допустимой нормы в связи с высокой степенью загрязнения органическими соединениями природных водоемов, связанных с источником водоснабжения, и неэффективностью работы очистных сооружений.

Большинство исследованных проб воды, как из систем централизованного водоснабжения, так и подземных источников индивидуального водоснабжения, содержат тяжелые металлы в количествах, существенно превышающих санитарно-гигиенические нормативы. Очевидно, этот факт обусловлен сильным загрязнением почв и поверхностных вод твердыми и жидкими отходами металлургического, машиностроительного производств. Поступлению тяжелых металлов в воды централизованного водоснабжения способствует также изношенность водопроводных труб.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что качество питьевой воды

Таблица 4
Загрязнения источников водоснабжения в населенных пунктах Свердловской области

Населенный пункт	Загрязнение			
	тяжелыми металлами	нитратами	ионами кальция и магния	органическими и минеральными соединениями
Екатеринбург	+	—	—	—
Богданович	+	—	+	—
Верхняя Пышма	—	+	—	—
Дегтярск	+	+	+	—
Каменск-Уральский	+	—	—	—
Камышлов	+	—	+	—
Нижний Тагил	+	—	—	+
Серов	+	—	—	—

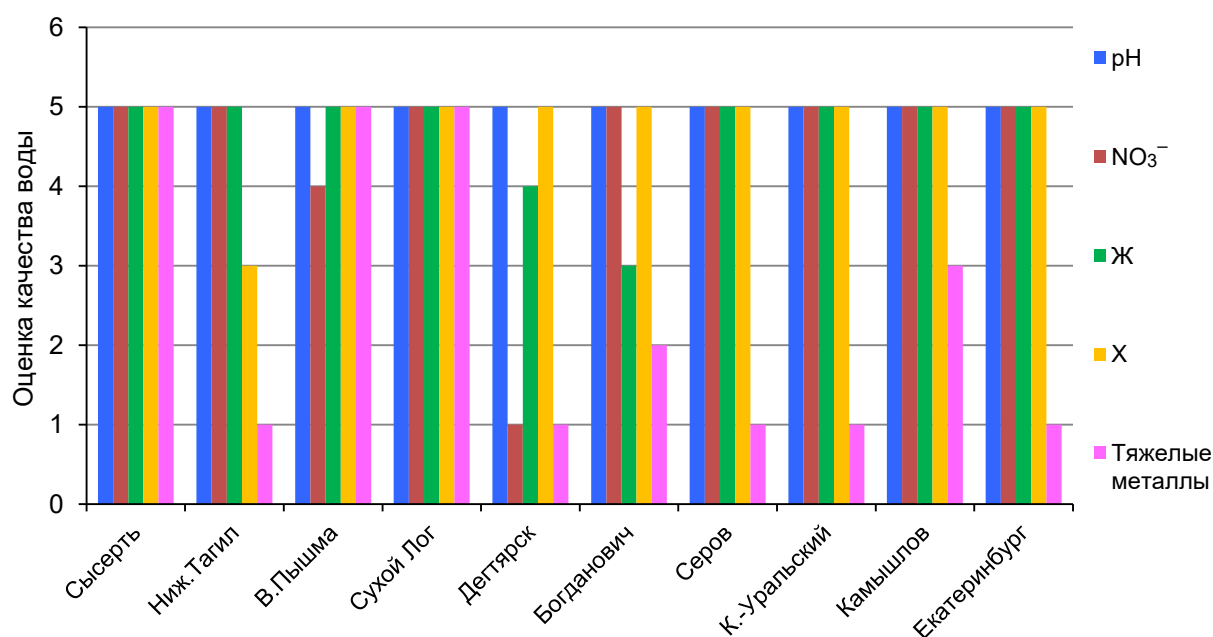


Рис. 4. Оценка качества исследуемых проб воды по 5-балльной шкале

Свердловской области по указанным показателям близко к неудовлетворительному. Однако для окончательной и более объективной оценки требуется внести изменения в методику следующих исследований, акцентируя внимание на конкретных причинах загрязнения воды из разных источников водоснабжения.

Литература

1. Васильев, В. П. (1989). Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. М.: Высшая школа, 320 с.
2. Галимова, А. Р. и Тунакова, Ю. А. (2013). Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм. Вестник Казанского технологического университета, Т. 16, № 20, сс. 165–169.
3. Гафуров, Ф. Г. (2008). Почвы Свердловской области. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 396 с.
4. Дмитриев, Д. В., Черноусов, В. Д. и Стаканов, К. В. (2017). Анализ качества воды в различных регионах России. Актуальные проблемы авиации и космонавтики, Т. 2, № 13, сс. 579–581.
5. Егоричева, С. Д., Родюкова, О. А. и Авчинников, А. В. (2015). Гигиеническая оценка состояния питьевого водоснабжения населения Смоленской области. Здоровье населения и среда обитания, № 6 (267), сс. 16–19.
6. Ермолаева, В. А. (2019). Изучение сезонных изменений жесткости и щелочности питьевой воды. Вода и экология: проблемы и решения, № 1 (77), сс. 44–53. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.1.44-53.

7. Зеленый мир. Экологическое досье мира и России (2012). Экологическая катастрофа в Дегтярске. [online] Доступно по ссылке: <http://zmdosie.ru/proekty/podrobnosti/1614-ekologicheskaya-katastrofa-v-degtyarske> [Дата обращения: 10.07.2019].

8. Информационный сайт о состоянии недр Российской Федерации (2018). Информационный бюллетень о состоянии недр территории Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год. Выпуск № 18. [online] Доступно по ссылке: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf [Дата обращения: 01.02.2020].

9. Касимов, Н. С. и Власов, Д. В. (2018). Тяжелые металлы и металлоиды в почвах российских городов (по данным ежегодных докладов Росгидромета). Вестник Московского университета. Серия 5. География, № 3, сс. 14–22.

10. Колосова, И. И. (2013). Влияние ацетата свинца, солей тяжелых металлов на репродуктивную функцию. Вестник проблем биологии и медицины, Т. 2, № 3 (103), сс. 13–18.

11. Коньшина, Л. Г. (2016). Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей. Гигиена и санитария, Т. 95, № 5, сс. 413–416.

12. Коробкин, В. И. и Передельский, Л. В. (2012). Экология: учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования. 18-е издание. Ростов-на-Дону: Феникс, 601 с.

13. Костина, Л. В., Куюкина, М. С. и Ившина, И. Б. (2014). Оценка возможности использования *RODOCOCCUS*-биосурфактантов для снижения присутствия тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах Свердловской области. Вестник Пермского университета. Серия «Биология», № 4, сс. 73–78.

14. Котеков, Б. Г. и Лоханина, С. Ю. (2018). Влияние факторов водосбора на содержание ионов кальция и магния в воде малых прудов Удмуртии. Вода: химия и экология, № 7–9 (116), сс. 24–31.

15. Панков, Д. Н. и Парфенова, Л. П. (2017). Система водоснабжения г. Богдановича. В: Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа — регионам», 24–25 апреля 2017 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, сс. 550–551.

16. Сквалецкий, Е. Н. и Донецкова, А. А. (2011). О влиянии качества подземных вод на человека в Оренбуржье. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, 36.

17. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (2014). ГОСТ Р 55684–2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. М.: Стандартинформ, 27 с.

18. Хакимова, Р. В. (2017). Экологические проблемы заброшенных Дегтярских рудников Свердловской области. В: Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа — регионам», 24–25 апреля 2017 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, сс. 554–555.

19. Шварцев, С. Л. (1996). Общая гидрогеология. М.: Недра, 423 с.

20. Шеренков, И. А., Осыка, Н. В. и Багмут, Л. Л. (2009). Анализ проблем эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, Т. 11, № 1 (3), сс. 350–352.

21. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (2001). СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения (с изменениями на 2 апреля 2018 года). [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> [Дата обращения: 28.06.2019].

References

1. Vasilyev, V. P. (1989). Analytical chemistry. In 2 parts. Part 1. Gravimetric and titrimetric analysis methods. Moscow: Vysshaya Shkola, 320 p.

2. Galimova, A. R. and Tunakova, Yu. A. (2013). Intake, content and effect of high concentrations of metals in drinking water on the body. *Herald of Kazan Technological University*, Vol. 16, No. 20, pp. 165–169.

3. Gafurov, F. G. (2008). Soils of the Sverdlovsk Region. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 396 p.

4. Dmitriev, D. V., Chernousov, V. D. and Stakanov, K. V. (2017). Analysis of ecological wellbeing soils in the city of Krasnoyarsk. *Challenging Issues of Aviation and Cosmonautics*, Vol. 2, No. 13, pp. 579–581.

5. Yegoricheva, S. D., Rodyukova, O. A. and Avchinnikov, A. V. (2015). Hygienic assessment drinking water supply of population of the Smolensk region. *Public Health and Life Environment*, No. 6 (267), pp. 16–19.

6. Ermolayeva, V. A. (2019). Study of seasonal changes in hardness and alkalinity of drinking water. *Water and Ecology*,

No. 1 (77), pp. 44–53. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.1.44-53.

7. Zelyony Mir. Ekologicheskoye Dosye Mira i Rossii (2012). Environmental disaster in Degtyarsk. [online] Available at: <http://zmdosie.ru/proekty/podrobnosti/1614-ekologicheskaya-katastrofa-v-degtyarske> [Date accessed 10.07.2019].

8. Information Website for the Subsurface State in the Russian Federation (2018) Newsletter on the subsurface state in the territory of the Ural Federal District of the Russian Federation for 2017. Issue No. 18. [online] Available at: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf [Date accessed 01.02.2020].

9. Kasimov, N. S. and Vlasov, D. V. (2018). Heavy metals and metalloids in urban soils of Russian cities (according to the annual reports of Rosgidromet). *Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*, No. 3, pp. 14–22.

10. Kolosova, I. I. (2013). Effect of lead acetate, salts of heavy metals on reproduction. *Bulletin of Problems in Biology and Medicine*, Vol. 2, No. 3 (103), pp. 13–18.

11. Konshina, L. G. (2016). The assessment of the quality of water from sources of decentralized water supply of Ekaterinburg and surrounding areas. *Hygiene and Sanitation*, Vol. 95, No. 5, pp. 413–416.

12. Korobkin, V. I. and Peredelsky, L. V. (2012). Ecology: textbook for students pursuing a bachelor's degree within the system of multi-level higher professional education. Rostov-on-Don: Feniks, 601 p.

13. Kostina, L. V., Kuyukina, M. S. and Ivshina, I. B. (2014). Evaluation of *Rhodococcus* biosurfactant potential towards the remediation of heavy metals from contaminated soils of Sverdlovsk region. *Bulletin of Perm University. Biology*, No. 4, pp. 73–78.

14. Kotegov, B. G. and Lokhanina, S. Yu. (2018). The influence of catchment factors on the content of calcium and magnesium ions in the water of small ponds in the Udmurt Republic. *Water: Chemistry and Ecology*. No. 7–9 (116), pp. 24–31.

15. Pankov, D. N. and Parfenova, L. P. (2017). Water supply system of Bogdanovich town. In: International Scientific and Practical Conference “Ural Mining School — to the Regions”, April 24–25, 2017. Yekaterinburg: Ural State Mining University, pp. 550–551.

16. Skvaletsky, E. N. and Donetskova, A. A. (2011). About influence of quality of underground waters on the person in the Orenburg Region. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 36.

17. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (2014). State Standard GOST R 55684-2013. Drinking water. Method for the determination of permanganate index. Moscow: Standartinform, 27 p.

18. Khakimova, R. V. (2017). Environmental issues of abandoned Degtyarskiye mines of the Sverdlovsk Region. In: International Scientific and Practical conference “Ural Mining School — to the Regions”, April 24–25, 2017. Yekaterinburg: Ural State Mining University, pp. 554–555.

19. Shvartsev, S. L. (1996). General hydrogeology. Moscow: Nedra, 423 p.

20. Sherenkov, I. A., Osyka, N. V. and Bagmut, L. L. (2009). The analysis of exploitation problems of drinking water supply systems from underground sources. *Izvestia of Samara Scientific*

Center of the Russian Academy of Sciences, Vol. 11, No. 1 (3), pp. 350–352.

21. Repository for legal documents, standards, regulations and specifications (2001). Sanitary Regulations SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for safety of hot water supply systems (as amended on April 2, 2018). [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> [Date accessed 28.06.2019].

Авторы

Харина Галина Валерьяновна, канд. хим. наук, доцент
ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: gvkharina32@yandex.ru

Алешина Людмила Викторовна, канд. хим. наук
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический
университет», г. Екатеринбург, Россия
E-mail: alv@usue.ru

Анахов Сергей Вадимович, канд. физ.-мат. наук,
доцент
ФГАОУ ВО «Российский государственный профес-
сионально-педагогический университет», г. Екатеринбург,
Россия
E-mail: sergej.anahov@rsvpu.ru

Инжеватова Ольга Владимировна, канд. хим. наук
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия
E-mail: inzhevatova@yandex.ru

Authors

Kharina Galina Valeriyonovna, Dr. of science in
chemistry, Associate Professor
Russian State Vocational Pedagogical University,
Ekaterinburg, Russia
E-mail: gvkharina32@yandex.ru

Alyoshina Ludmila Victorovna, Dr. of science in chemistry
Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia
E-mail: alv@usue.ru

Anakhov Sergey Vadimovich, Dr. of science in physics and
mathematics, Associate Professor
Russian State Vocational Pedagogical University,
Ekaterinburg, Russia
E-mail: sergej.anahov@rsvpu.ru

Inzhevatova Olga Vladimirovna, Dr. of science in
chemistry
Ural Federal University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin, Ekaterinburg, Russia
E-mail: inzhevatova@yandex.ru